

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-243407

(43)Date of publication of application : 11.09.1998

(51)Int.Cl.

H04N 9/07

(21)Application number : 09-058568

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 27.02.1997

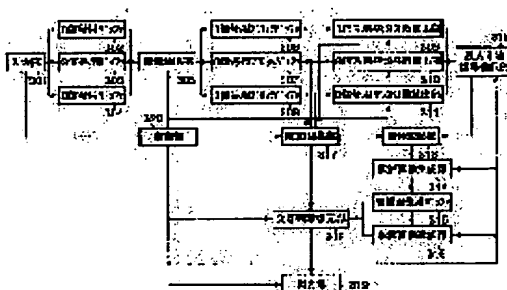
(72)Inventor : TSURUOKA TAKEO  
TSUKIOKA TAKETO

## (54) IMAGE SIGNAL PROCESSOR AND IMAGE INPUT PROCESSOR

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To decode a missing color signal by extracting a color signal in a local area with a prescribed size that includes designated pixels and modifying and synthesizing the color signal with less color aberration based on a prescribed structural model and a prescribed evaluation function so as to generate a reference image based on the produced approximated reference image and the approximated reference image after smoothing.

SOLUTION: An area extract section 305 conducts image scanning under the control of a control section 320 to extract color signals in each color in existence in an area of a prescribed size around a specific pixel and transfers the extracted color signals to signal block buffers 306, 307, 308 respectively. Each of mean value/variance calculation sections 309, 310, 311 reads each color signal and calculates a mean value and a variance of each color signal. A signal modification section 313 modifies the variance and the mean value of other color signals than the color signal providing a maximum variance so as to be equal to the variance and the mean value of the color signal providing the maximum variance as to each color signal which is transferred from an RGB switch section 317 and transfers the modified result to an object image generating section 314. A missing pixel decoding section 318 decodes a missing color signal and provides an output of the result.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

23.10.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-243407

(43)公開日 平成10年(1998) 9月11日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 4 N 9/07

識別記号

F I

H 0 4 N 9/07

A

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 22 頁)

(21)出願番号 特願平9-58568

(22)出願日 平成9年(1997) 2月27日

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷 2丁目43番 2号

(72)発明者 鶴岡 建夫

東京都渋谷区幡ヶ谷 2丁目43番 2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 月岡 健人

東京都渋谷区幡ヶ谷 2丁目43番 2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

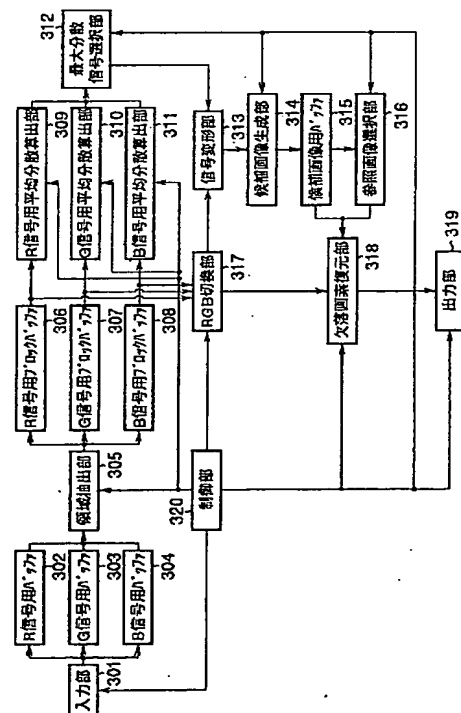
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外 4名)

(54)【発明の名称】 画像信号処理装置及び画像入力処理装置

(57)【要約】

【課題】 欠落する色信号を高精度に復元することができる画像信号処理装置を提供する。

【解決手段】 画像信号から、指定された画素を包含する所定サイズの局所領域の色信号を抽出する領域抽出部305と、抽出された局所領域内の各色信号ごとの平均分散から最大の分散を有する色信号を選択する最大分散信号選択部312と、選択された色信号以外の色信号に関して、パラメータが選択された色信号のパラメータと同一となるように色信号を変形する信号変形部313と、変形された複数の各色信号と選択された色信号とを合成して複数の参照候補画像を生成する候補画像生成部314と、生成された複数の参照候補画像から、所定の評価関数に基づき1つの参照画像を選択する参照画像選択部316と、選択された参照画像に基づき、欠落する色信号を復元する欠落画素復元部318とを具備する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1つの画素が有する画像信号が複数の色信号から構成され、画素の位置に応じて少なくとも1つ以上の色信号が欠落する画像信号を処理する画像信号処理装置において、

上記画像信号から、指定された画素を包含する所定サイズの局所領域の色信号を抽出する抽出手段と、

この抽出手段で抽出された局所領域内の各色信号ごとに所定のパラメータを算出し、このパラメータに基づき1つの色信号を選択する色信号選択手段と、

この色信号選択手段で選択された色信号以外の色信号に関して、上記パラメータが選択された色信号のパラメータと同一となるように色信号を変形する変形手段と、

この変形手段で変形された複数の各色信号と上記色信号選択手段によって選択された色信号とを合成して複数の参照候補画像を生成する候補画像生成手段と、

この候補画像生成手段で生成された複数の参照候補画像から、所定の評価関数に基づき1つの参照画像を選択する参照画像選択手段と、

上記参照画像選択手段で選択された参照画像に基づき、欠落する色信号を復元する復元手段と、

を具備することを特徴とする画像信号処理装置。

【請求項 2】 1つの画素が有する画像信号が複数の色信号から構成され、画素の位置に応じて少なくとも1つ以上の色信号が欠落する画像信号を入力処理する画像入力処理装置において、

色収差を生じる光学レンズ系と、この色収差量に基づき色信号の出現頻度が調整された撮像装置とからなる入力手段と、

この入力手段から得られた画像信号から、指定された画素を包含する所定サイズの局所領域の色信号を抽出する抽出手段と、

$$Y_{0,n} = Y_{0,n+1} = Y_{e,n} = Y_{e,n+1} = 2R + 3G + 2B \quad (1)$$

$$C_{0,n} = C_{e,n} = 2R - G \quad (2)$$

$$C_{0,n+1} = C_{e,n+1} = 2B - G \quad (3)$$

ただし、 $C_y$ 、 $M_g$ 、 $Y_e$ はグリーン（G）およびレッド（R）、ブルー（B）により次式で示される。

$$C_y = G + B \quad (4)$$

$$M_g = R + B \quad (5)$$

$$Y_e = R + G \quad (6)$$

（1）式で示されるように、輝度信号は偶数、奇数フィールドの全ラインで生成される。これに対し、（2）、

（3）式で示されるように2つの色差信号は1ラインおきにしか生成されず、線形補間により欠落するラインの色差信号を補っている。この後、マトリックス演算を行うことでR、G、Bの3原色を得ることができる。このような方法では、色差信号は輝度信号に対して1/2の情報量しかなく、エッジ部に色モワレと呼ばれるアーティファクトが発生する。一般に、このような色モワレを低減するために、水晶フィルタを用いたローパスフィル

この抽出手段で抽出された局所領域内の各色信号中で、色収差量の少ない色信号を所定の構造モデルと評価関数に基づき変形および合成することで近似参照画像を生成する近似参照画像生成手段と、

この近似参照画像生成手段で生成された近似参照画像を色収差量の多い色信号の色収差量に基づき平滑化する平滑化手段と、

上記近似参照画像生成手段で生成された近似参照画像と上記平滑化手段で平滑化された近似参照画像とに基づき参照画像を生成し、欠落する色信号を復元する復元手段と、

を具備することを特徴とする画像入力処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は画像信号処理装置及び画像入力処理装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、安価かつ軽量の単板式のCCDを用いた画像入力処理装置が普及している。このような画像入力処理装置においては、一枚の撮像素子から被写体の色情報を得るために色フィルタを受光面上にモザイク状に配置している。

【0003】色フィルタの一例として、シアン（ $C_y$ ）、マゼンタ（ $M_g$ ）、イエロー（ $Y_e$ ）、グリーン（G）からなる補色モザイクフィルタの配置を図19に示す。図19において、偶数フィールドのnラインとn+1ラインに対応する輝度信号を $Y_{0,n}$ 、 $Y_{0,n+1}$ 、色差信号を $C_{0,n}$ 、 $C_{0,n+1}$ とし、奇数フィールドのnラインとn+1ラインに対応する輝度信号を $Y_{e,n}$ 、 $Y_{e,n+1}$ 、色差信号を $C_{e,n}$ 、 $C_{e,n+1}$ とすると、これらの信号は、次式で示される。

## 【0004】

## 【0005】

タを撮像素子前面に配置することが行われるが、ローパスフィルタの挿入により解像度が低下するという新たな問題が発生する。

【0006】また、特開平04-62096号公報および特開平05-056446号公報は、上記のように色差信号のみで単純な補間を行うのではなく、輝度信号の成分を用いて色差信号を補正する方法を開示している。

【0007】すなわち、特開平04-62096号公報によれば、輝度信号Yは線形補間で作成されるが、色差信号Cについては、輝度信号Yの変化の少ない領域では

線形補間にて補い、変化の大きい領域では輝度信号Yを  
(7)式に示されるように変形することで回復された色

$$C' = aY + b$$

ここでa, bは定数である。

【0009】また、特開平05-056446号公報では、輝度信号Yは線形補間により作成されるが、色差信号Cについては、輝度信号Yと色差信号Cとを電気回路のローパスフィルタにて処理し、それぞれの低周波成分

$$C' = Y \frac{C_{low}}{Y_{low}}$$

これは、輝度信号Yを低周波成分 $Y_{low}$ と $C_{low}$ を用いて補正したものを色信号 $C'$ とすることに相当する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記した従来技術では、単板式のCCDを用いた場合に輝度信号を線形補間で、色差信号を線形補間または輝度信号に基づいて補っているが、輝度信号が、本質的に3板式CCDを用いた場合の1/2であり、このような方法では欠落する色信号を高精度に復元することができない。

【0012】また、上記した従来技術では、輝度信号を線形補間で、色差信号を線形補間または輝度信号に基づいて補っているが、このような方法では特定の色信号が劣化するような色収差の生じる安価な光学レンズ系を用いた場合に、欠落する色信号を高精度に復元することができない。

【0013】本発明はこのような課題に着目してなされたものであり、その目的とするところは、欠落する色信号を高精度に復元することができる画像信号処理装置を提供することにある。

【0014】また、本発明の他の目的は、安価な光学レンズ系を使用した場合でも欠落する色信号を高精度に復元することができる画像入力処理装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成するために、第1の発明に係る画像信号処理装置は、1つの画素が有する画像信号が複数の色信号から構成され、画素の位置に応じて少なくとも1つ以上の色信号が欠落する画像信号を処理する画像信号処理装置において、上記画像信号から、指定された画素を包含する所定サイズの局所領域の色信号を抽出する抽出手段と、この抽出手段で抽出された局所領域内の各色信号ごとに所定のパラメータを算出し、このパラメータに基づき1つの色信号を選択する色信号選択手段と、この色信号選択手段で選択された色信号以外の色信号に関して、上記パラメータが選択された色信号のパラメータと同一となるように色信号を変形する変形手段と、この変形手段で変形された複数の各色信号と上記色信号選択手段によって選択された色信号とを合成して複数の参照候補画像を生成する候補

差信号 $C'$ を得ている。

【0008】

(7)

$Y_{low}$ と $C_{low}$ を得て、以下の(8)式を用いて欠落が回復された色信号 $C'$ を得ている。

【0010】

【数1】

(8)

画像生成手段と、この候補画像生成手段で生成された複数の参照候補画像から、所定の評価関数に基づき1つの参照画像を選択する参照画像選択手段と、上記参照画像選択手段で選択された参照画像に基づき、欠落する色信号を復元する復元手段とを具備する。

【0016】また、第2の発明に係る画像入力処理装置は、1つの画素が有する画像信号が複数の色信号から構成され、画素の位置に応じて少なくとも1つ以上の色信号が欠落する画像信号を入力処理する画像入力処理装置において、上記画像入力処理装置において色収差を生じる光学レンズ系と色収差量に基づき色信号の出現頻度を調整した撮像装置とからなる入力手段と、この入力手段から得られた画像信号中の指定された画素を包含する所定サイズの局所領域の色信号を抽出する抽出手段と、この抽出手段で抽出された局所領域内の各色信号中で、色収差量の少ない色信号を所定の構造モデルと評価関数に基づき変形および合成することで近似参照画像を生成する近似参照画像生成手段と、この近似参照画像生成手段で生成された近似参照画像を色収差量の多い色信号の色収差量に基づき平滑化する平滑化手段と、上記近似参照画像生成手段で生成された近似参照画像と上記平滑化手段で平滑化された近似参照画像とに基づき参照画像を生成し、欠落する色信号を復元する復元手段とを具備する。

【0017】すなわち、第1の発明に係る画像信号処理装置は、1つの画素が有する画像信号が複数の色信号から構成され、画素の位置に応じて少なくとも1つ以上の色信号が欠落する画像信号を処理するにあたって、まず、上記画像信号から、指定された画素を包含する所定サイズの局所領域の色信号を抽出する。次に、抽出された局所領域内の各色信号ごとに所定のパラメータを算出し、このパラメータに基づき1つの色信号を選択する。次に、選択された色信号以外の色信号に関して、上記パラメータが選択された色信号のパラメータと同一となるように色信号を変形する。次に、変形された複数の各色信号と選択された色信号とを合成して複数の参照候補画像を生成する。そして、この生成された複数の参照候補画像から、所定の評価関数に基づき1つの参照画像を選択し、選択された参照画像に基づき、欠落する色信号を

復元する。

【0018】また、第2の発明に係る画像入力処理装置は、1つの画素が有する画像信号が複数の色信号から構成され、画素の位置に応じて少なくとも1つ以上の色信号が欠落する画像信号を入力処理するにあたって、まず、上記画像入力処理装置において色収差を生じる光学レンズ系と色収差量に基づき色信号の出現頻度を調整した撮像装置とからなる入力手段を用い、この入力手段から得られた画像信号中の指定された画素を包含する所定サイズの局所領域の色信号を抽出する。次に、抽出された局所領域内の各色信号中で、色収差量の少ない色信号を所定の構造モデルと評価関数に基づき変形および合成することで近似参照画像を生成する。次に、この生成された近似参照画像を色収差量の多い色信号の色収差量に基づき平滑化する。そして、生成された近似参照画像と平滑化された近似参照画像とに基づき参照画像を生成し、欠落する色信号を復元する。

【0019】

【発明の実施の形態】以下に、図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。まず、第1実施形態を説明する。図1は第1実施形態に係る画像信号処理装置の機能ブロック図であり、以下に各機能の接続関係を説明する。

【0020】図1において、入力部101は、R信号用バッファ102、G信号用バッファ103、B信号用バッファ104に接続され、さらに、領域抽出部105を介してそれぞれR信号用ブロックバッファ106、G信号用ブロックバッファ107、B信号用ブロックバッファ108に接続されている。R信号用ブロックバッファ106は分散算出部109とRGB切換部113と信号変形部151に、G信号用ブロックバッファ107は分散算出部110とRGB切換部113と信号変形部151に、B信号用ブロックバッファ108は分散算出部111とRGB切換部113と信号変形部151に接続されている。分散算出部109、110、111は最大分散決定部150を介して信号変形部151に接続されている。

【0021】この信号変形部151は参照画像用バッファ112を介して欠落画素復元部116に接続されている。RGB切換部113は、エッジ強度算出部114と線形補間部115または欠落画素復元部116を介して、出力部117に接続されている。また、制御部118は、入力部101、領域抽出部105、分散算出部109、110、111、信号変形部151、RGB切換部113、エッジ強度算出部114、欠落画素復元部116、出力部117に接続されている。

【0022】図2は上記した信号変形部151の具体的な構成を示す図であり、R信号用ブロックバッファ106、G信号用ブロックバッファ107、B信号用ブロックバッファ108と、最大分散決定部150と、制御部

118からの信号を受ける選択部151Aと、ゲイン・バイアス算出部151Bと、演算部151Cとが順に接続されている。

【0023】なお、本実施形態では上記した各機能の一部はハードウェアで構成され、入力部101は単板式CCDにより、出力部117は磁気ディスクにより、制御部118はマイクロコンピュータにより構成される。

【0024】図3は入力部101の具体的な構成を示す図である。レンズ系201とローパスフィルタ202と単板式のCCD203とが被写体を撮像可能のように配置されている。CCD203は、例えば以下に述べるような原色型のフィルタ配置を持つCCDであり、A/D変換器204、色分離回路205、プロセス回路206、207、208を介してマトリックス回路209に接続されている。このマトリックス回路209の出力はRGB3信号用のバッファ102、103、104に接続されている。また、CCD203にはクロックジェネレータ210によって発生されたクロックに基づいてCCD203を駆動するCCD駆動回路211が接続されている。

【0025】図4は、図3のCCD203におけるフィルタ配置の具体的な構成を示す図である。ここでは、図4(a)に示すような3×3サイズの基本配置を、図3(b)に示すように反復的に繰り返して構成することにより、CCD上の全画素を充填している。本実施形態では、RGB3信号の出現頻度は1:1:1の均等な比率になるように設定されている。

【0026】以下に上記した図1に示す構成の作用を図5のフローチャートを参照して説明する。

【0027】図1において、1フレーム分のRGB3信号が制御部118の制御に基づいて入力部101を介して読み込まれて、R信号用バッファ102、G信号用バッファ103、B信号用バッファ104に転送される(ステップS1)。次に、領域抽出部105は制御部118の制御に基づき、画像の走査を行なって(ステップS2)、各色信号用バッファ102、103、104内の1フレーム分の各色信号から、ある特定画素を中心とする所定サイズの矩形領域、例えば5×5サイズの領域内に存在する色信号を抽出して(ステップS3)、それぞれR信号用ブロックバッファ106、G信号用ブロックバッファ107、B信号用ブロックバッファ108に転送する。RGB切換部113は制御部118の制御に基づいて各ブロックバッファ106、107、108内の矩形領域の色信号を順次読み出してエッジ強度算出部114に転送する。エッジ強度算出部114は制御部118の制御の基に、全色信号からラプラシアンに基づくエッジ強度を算出して(ステップS4)、エッジ強度が所定の閾値(例えば信号が0~255の8bit精度であるときは8を閾値とする)より大きいかな否かを判断し(ステップS5)、YESの場合は欠落画素復元部11

6を選択し、NOの場合は線形補間部115を選択する。

【0028】そして線形補間部115が選択された場合は、公知の線形補間方法により欠落画素を復元し、出力部117から外部へ出力する(ステップS16、S17)。また、欠落画素復元部116が選択された場合には処理が制御部118を介して分散算出部109、110、111に移行する。すなわち、分散算出部109、110、111は制御部118の制御に基づき、各ブロックバッファ106、107、108内の矩形領域の各色信号を読み出して各色信号の分散を算出する。次に最大分散決定部150は算出された各分散のうち最大の分散をもつ色信号を決定する(ステップS6)。

【0029】信号変形部151の選択部151A(図2)は制御部118の制御に基づき、最大分散決定部150からの色信号が最大分散を有する信号か否かによって各ブロックバッファ106、107、108内の矩形領域の各色信号のうち1つを選択する(ステップS7)。すなわち、各ブロックバッファ106、107、108内の矩形領域の各色信号のうち、最大分散に対応する色信号は変形されることなしに参照画像用バッファ112へ出力される。最大分散の色信号でないものについてはゲイン・バイアス算出部151Bに出力される。ゲイン・バイアス算出部151Bは入力された色信号についてそのゲイン $\alpha_i$ とバイアス $\beta_i$ とを算出して(ステップS8)、当該色信号Iとともに演算部151Cへ出力する。演算部151Cは算出されたゲイン $\alpha_i$ とバイアス $\beta_i$ とを用いて当該色信号を変形して参照画像バッファ112に出力する(ステップS9)。最大分散に対応する変形なしの色信号と変形された色信号とが参照画像バッファ112内に積算されることにより参照画像が生成される(ステップS10)。

【0030】欠落画素復元部116は参照画像バッファ112から参照画像を読み出して最大分散を有する色信号か否かを判断し(ステップS11)、YESの場合はこの参照画像を出力部117に転送する。また、NOの場合は参照画像用バッファ112内の各色ごとに参照画像と各ブロックバッファ106、107、108内の矩形領域の色信号とを比較し、参照画像を各色信号に適合するように変形して(ステップS12)、出力部117に転送する。これによって出力部117には変形なしの参照画像と変形された参照画像とが積算される(ステップS13)。出力部117は積算された参照画像を欠落が復元された色信号として外部へ出力する(ステップS14)。

【0031】このようにして上記処理を矩形ブロックが重複しないように各信号用バッファ102、103、104内のすべての画像が走査されて処理されることにより(ステップS15)、1フレーム分の画像に対するすべての欠落が復元される。

【0032】以下に、上記した参照画像を生成する方法を図6(a)~(j)を参照して説明する。本実施形態ではいわゆるカラーエッジモデルを用いて参照画像を生成する。カラーエッジモデルでは、局所領域においては各色信号は同一のエッジ構造を共有する。このようなモデルは自然界に存在する多くの画像において成立することが確認されている。したがって、このようなモデルを仮定すれば、以下で定義される各色信号のゲイン( $\alpha$ )とバイアス( $\beta$ )とを調整することで同一形状の信号が得られる。

【0033】図6(a)、(b)、(c)はそれぞれ、R、G、Bの各色信号における原画像の形状と、そのゲイン $\alpha_i$ =最大値-最小値、バイアス $\beta_i$ =最小値( $i=r, g, b$ )を示す図である。これらの原画像が図6(d)に示されるフィルタ配置のCCDによって撮像されたとすると、得られる色信号はそれぞれ、図6(e)、(f)、(g)に示すような分布となる。そこで、図6(e)、(f)、(g)の各色信号のゲイン $\alpha_i$ 、バイアス $\beta_i$ を調整して合成することで、図6(h)、(i)、(j)に示されるような基本となる複数のエッジ構造分布が得られる。この場合上記したように、最大分散を有する色信号についてはゲイン $\alpha_i$ とバイアス $\beta_i$ を調整せず、それ以外の色信号についてのみゲイン $\alpha_i$ とバイアス $\beta_i$ を調整する。

【0034】次に、複数のエッジ構造分布の中で最も局在性の高いパターンを参照画像として1つ選択する。局在性の判断には所定の方法、例えばラプラシアンを用いてエッジ強度を算出して、このエッジ強度が最小のものを選択するようにする。参照画像は、各色信号から矛盾無く合成されるエッジ構造を表しており、原画像のエッジ構造を反映しているものと考えられる。よって、この参照画像のゲインとバイアスを各色信号のゲイン $\alpha_i$ とバイアス $\beta_i$ に一致させるように最小自乗誤差を規範として変形することで、欠落が回復された色信号を得ることができる。

【0035】ここでは、予め多数のエッジ構造を形成した後に1つの参照画像を選択するのではなく、選択の効率を考慮してラプラシアンのような評価関数を定め、エッジ強度が最小となるように解析的にゲイン $\alpha_i$ 、バイアス $\beta_i$ を算出する。また、全色信号のゲイン $\alpha_i$ とバイアス $\beta_i$ を求めることは必ずしも必要ではなく、どれか1つの色信号に合わせるようにすることで計算を簡略化することができる。例えば、後述するように分散が最大となる色信号については変形せず、それ以外の色信号については、分散が最大となる色信号と組み合わせる最も局在性の高いエッジ構造が得られるように変形する。

【0036】以下に、ラプラシアンを評価関数として、G信号にR、B信号を合わせる例を説明する。

【0037】R、B信号のゲインを $\alpha_r$ 、 $\alpha_b$ とし、バイアスを $\beta_r$ 、 $\beta_b$ とする。局所領域に含まれるR、

G, B信号の画素値を1次元のベクトル  $f_r, f_g, f_b$  で表し、画素の欠落状況を示すマスクをベクトル  $m_r, m_g, m_b$  で表す。マスクは画素が存在する場合に1を、存在しない場合に0の要素をとるものとする。

$$\Phi = (\alpha_r f_r + \beta_r) m_r + f_g m_g + (\alpha_b f_b + \beta_b) m_b$$

$$= [f_r, m_r, f_b, m_b] \begin{bmatrix} \alpha_r \\ \beta_r \\ \alpha_b \\ \beta_b \end{bmatrix} + f_g m_g = Mv + C \quad (9)$$

で示される。ここで、参照画像  $\Phi$  に対してラプラシアン

$$\Delta^2 \Phi = |\Delta^2 (Mv + C)|$$

を最小化することを考える。すると、 $v = [\alpha_r,$

$$v = (\Delta^2 M)^{-1} (-\Delta^2 C)$$

となり、一意に算出できる。すなわち、G信号に対するR, B信号のゲイン  $\alpha_r, \alpha_b$  と、バイアス  $\beta_r, \beta_b$  とが求まる。

【0039】ここで、Mは正方行列にはならないため特異値分解に基づく疑似逆行列を算出する必要がある。また、(11)式は、G信号にR, B信号を合わせる例であるが、他の組み合わせも同様にして算出することができる。

【0040】図7は、上記したカラーエッジモデルに基づいて欠落画素が復元される過程を示す図である。以下の説明では、5×5サイズの矩形領域を用いる。図7

(a)に示す原画像は自転車のサドル部の一部の画像であり、図7(b)に示すようなCCD203(入力部101)のフィルタ配置に応じて図7(c), (d),

(e)に示される欠落のある色信号としてそれぞれR信号用バッファ102、G信号用バッファ103、B信号用バッファ104、及び領域抽出部105を経由して、それぞれR信号用ブロックバッファ106、G信号用ブロックバッファ107、B信号用ブロックバッファ108に転送される。

【0041】これらの欠落のある色信号は上記したように分散算出部109、110、111によって読み出されて各色信号ごとに分散が算出される。そして、R、G、Bの3信号中で分散が最大となる色信号を基準としてこれに他の信号を合わせる(最大分散決定部150、信号変形部151)。ここではG信号の分散が最大になるものとして、R、B信号のゲインとバイアスを求める。図7(f)、(h)は上記した(11)式に従い算出したゲイン  $\alpha_r, \alpha_b$  とバイアス  $\beta_r, \beta_b$  により変形したR、B信号を示し、(g)はそのままのG信号を示す。

【0042】これら図7(f)、(g)、(h)の画像を積算することで図7(i)に示すような参照画像  $\Phi$  が得られる(参照画像用バッファ112)。この参照画像  $\Phi$  は、ラプラシアンにより求めたエッジ強度を判断基準

すると、参照画像  $\Phi$  は、

【0038】

【数2】

$\Delta^2$  を施し、

(10)

$\beta_r, \alpha_b, \beta_b]^T$  は、

(11)

とすると局在性の最も高い画像となっている。一方、RGB切換部113は、各信号用ブロックバッファ106、107、108内の欠落のある色信号(図7

(c), (d), (e))を順次読み出してエッジ強度算出部114でエッジ強度を算出し、これが所定の閾値より大きい場合には、欠落のある色信号を欠落画素復元部116へ転送する。所定の閾値よりも小さい場合には線形補間部115に送られて、線形補間によって復元される。一方、欠落画素復元部116は参照画像用バッファ112から上記参照画像  $\Phi$  のゲインとバイアスを求め、これを転送された欠落のある色信号のゲインとバイアスに一致させる。本実施形態では、G信号に合わせて参照画像  $\Phi$  を生成しているため、G信号に関しては参照画像  $\Phi$  のゲインとバイアスは一致している。このため、上記操作はR、B信号についてのみ行う。これにより得られる信号は、図7(j), (k), (l)に示されるような欠落が復元された信号となる。これらを出力部117で積算することで、図7(m)に示される復元されたカラー画像が得られる。

【0043】上記したように第1実施形態においては、エッジ部と判断された局所領域中のすべての色信号にカラーエッジモデルとラプラシアンに基づく局在性の評価を組み合わせることで参照画像を作成し、この参照画像から欠落信号を復元するようにしたので、従来の線形補間では困難であった高周波成分を回復することができ、これによって高精細な復元画像を得ることができる。また、エッジ部と判断されなかった場合は、通常の線形補間で処理されるため高速に処理を行うことができる。また、RGB3信号の出現頻度が均等なるフィルタ配置を用いているため、従来の輝度信号に比較して色差信号が劣化するようなアンバランスが発生せず、高画質な復元画像が得られる。

【0044】なお、上記した実施形態では局所領域のサイズを5×5としているがこれに限定される必要はなく、自由な設定が可能である。また上記局所領域が重複

しないように処理を行っているが、処理時間が問題にならないならば1画素間隔で重複するように処理をし、処理結果を加算平均することも可能である。この場合は、ノイズなどによるカラーエッジモデルの誤差を低減できる。また、局在性の評価にラプラシアンを用いているがこれに限定される必要はない。例えば、濃度共起行列から算出されるエネルギーまたはエントロピーまたは相関または局所一様性などを用いても同様の効果を得ることができる。さらに、フィルタ配置も図4に示される配置に限定される必要はなく、自由な設定が可能である。従来と同様に輝度信号の出現頻度を高めたフィルタ配置に関しても、改善効果は若干低下するが同様に処理することができる。

【0045】図8は本発明の第2実施形態に係る画像信号処理装置の機能ブロック図であり、以下に各機能の接続関係を説明する。

【0046】図8において、入力部301はR信号用バッファ302、G信号用バッファ303、B信号用バッファ304に接続され、各色信号用バッファ302、303、304は領域抽出部305を介してそれぞれR信号用ブロックバッファ306、G信号用ブロックバッファ307、B信号用ブロックバッファ308に接続されている。R信号用ブロックバッファ306はR信号用平均分散算出部309とRGB切換部317とに接続され、G信号用ブロックバッファ307はG信号用平均分散算出部310とRGB切換部317とに接続され、B信号用ブロックバッファ308はB信号用平均分散算出部311とRGB切換部317とに接続されている。

【0047】R信号用平均分散算出部309、G信号用平均分散算出部310、B信号用平均分散算出部311は最大分散信号選択部312に接続されている。最大分散信号選択部312およびRGB切換部317は、信号変形部313と候補画像生成部314を介して、候補画像用バッファ315に接続されている。RGB切換部317はまた、欠落画素復元部318にも接続されている。候補画像用バッファ315は参照画像選択部316と欠落画素復元部318に接続されており、参照画像選択部316は欠落画素復元部318に接続されている。欠落画素復元部318は出力部319に接続されている。

【0048】また、制御部320は、入力部301と、領域抽出部305と、R信号用平均分散算出部309と、G信号用平均分散算出部310と、B信号用平均分散算出部311と、最大分散信号選択部312と、候補画像生成部314と、参照画像選択部316と、RGB切換部317と、欠落画素復元部318と、出力部319とに接続されている。

【0049】なお、本実施形態では上記した各機能の一部はハードウェアで構成され、入力部301は二板式CCDにより、出力部319は磁気ディスクにより、制御

部320はマイクロコンピュータにより構成される。

【0050】図9は図8に示す入力部301の具体的構成の一例を示す図である。図9において、レンズ系401とG信号用ローパスフィルタ402とG信号用CCD404およびR、B信号用ローパスフィルタ403とR、B信号用CCD405が被写体を撮影可能に配置されている。G信号用CCD404は、A/D変換器406を介してG信号用バッファ303に接続されている。また、R、B信号用CCD405は、A/D変換器407とR/B分離回路408を介してR信号用バッファ302とB信号用バッファ304に接続されている。G信号用CCD404とR、B信号用CCD405は、G信号用CCD駆動回路410とR、B信号用CCD駆動回路411とにそれぞれ接続され、G信号用CCD駆動回路410とR、B信号用CCD駆動回路411とは、クロックジェネレータ409からのクロックに基づいてG信号用CCD404と、R、B信号用CCD405とを各々駆動する。

【0051】以下に上記した図8に示す構成の作用を図10のフローチャートを参照して説明する。

【0052】まず1フレーム分のRGB信号が制御部320の制御により入力部301を介して読み込まれて、R信号用バッファ302、G信号用バッファ303、B信号用バッファ304に転送される（ステップS21）。次に、領域抽出部305は制御部320の制御に基づいて画像の走査を行って（ステップS22）、ある特定画素を中心とする所定サイズの矩形領域、例えば15×15サイズの領域内に存在する信号を抽出して（ステップS23）、それぞれR信号用ブロックバッファ306、G信号用ブロックバッファ307、B信号用ブロックバッファ308に転送する。R信号用平均分散算出部309、G信号用平均分散算出部310、B信号用平均分散算出部311は制御部320の制御に基づき、各信号用ブロックバッファ306、307、308内の矩形領域の色信号を読み出して各色信号の平均と分散とを算出する。

【0053】最大分散信号選択部312は制御部320の制御に基づき各平均分散算出部309、310、311で算出された平均と分散のうち、3色信号中最大の分散を有する色信号を選択して信号変形部313に転送する（ステップS24）。また、RGB切換部317は制御部320の制御に基づき、各信号用ブロックバッファ306、307、308内の矩形領域の色信号を順に読み出して信号変形部313に出力する。信号変形部313はRGB切換部317から転送される各色信号について最大分散を与える色信号が否かを判断して（ステップS25）、最大分散を与える色信号以外の色信号の分散と平均を、最大分散を与える色信号の平均と分散に等しくなるように変形して（ステップS26）、これを候補画像生成部314に順次転送する。ここで、最大分散を



与える色信号については変形することなくそのまま候補画像生成部 314 に転送する。

【0054】候補画像生成部 314 は、信号変形部 313 から転送された複数の変形された色信号を組み合わせることで複数の参照候補画像を生成し（ステップ S27）、これらを候補画像用バッファ 315 に転送する。すべての組み合わせの転送が終了すると、参照画像選択部 316 は制御部 320 の制御に基づき、最もエッジ強度の小さい、すなわち、最も局在性の優れた参照候補画像を参照画像として選択して（ステップ S28）、選択結果を欠落画素復元部 318 に送る。欠落画素復元部 318 は、参照画像選択部 316 からの選択結果に対応する参照画像を候補画像用バッファ 315 から読み出す。この読み出しの終了後、欠落画素復元部 318 は制御部 320 の制御に基づき、RGB 切換部 317 によって順に読み出された R 信号用ブロックバッファ 306、G 信号用ブロックバッファ 307、B 信号用ブロックバッファ 308 中の各色信号を受けて、上記した第 1 実施形態と同様に候補画像用バッファ 315 から読み出した参照画像を各色信号に適合するように変形して出力部 319 に転送する（ステップ S29）。出力部 319 はこの変形された参照画像を積算して（ステップ S30）、各色信号の欠落が復元された色信号として外部に出力する（ステップ S31）。

【0055】このようにして上記処理を矩形ブロックが重複しないように各信号用バッファ 302、303、304 内のすべての画像が走査されて処理されることによ

$$\alpha_g = \pm \sqrt{\frac{\sigma_g^2}{\sigma_r^2}}, \beta_g = AV_g (1 - \alpha_g) \quad (12)$$

$$\alpha_b = \pm \sqrt{\frac{\sigma_b^2}{\sigma_r^2}}, \beta_b = AV_b (1 - \alpha_b) \quad (13)$$

(12)、(13) 式に示されるように 1 つの色信号に関するゲインとバイアスの解は符号の異なる 2 組ずつ算出され、G、B 信号では 4 組の組み合わせが発生する。候補画像生成部 314 では、R 信号と、上記ゲイン  $\alpha_g$ 、 $\alpha_b$  とバイアス  $\beta_g$ 、 $\beta_b$  によって変形された 2 組ずつの G、B 信号とを組み合わせ、4 組の参照候補画像を生成し、これを候補画像用バッファ 315 へ転送する。参照画像選択部 316 は、ラプラシアンにより上記参照候補画像のうち、最もエッジ強度の小さい、すなわち、最も局在性の優れた参照候補画像を参照画像として選択する。この選択結果は欠落画素復元部 318 に転送され、第 1 実施形態と同様の方法で欠落画素が復元される。

【0060】上記したように、第 2 実施形態においては

り（ステップ S32）、1 フレーム分の画像に対するすべての欠落が復元される。

【0056】なお、本実施形態のように二板式 CCD を用いている場合、G 信号用に関しては欠落のない信号が得られるものと見なすことができる。よって、G 信号が十分に存在する領域では、カラーエッジモデルを使わなくとも参照画像を得ることができる。一方、赤や青の彩度が高い領域では G 信号のレベルが低く、ノイズによる影響を受けやすい。このような場合は、G 信号から参照画像を得て R、B 信号の欠落を復元することは信頼性に乏しく、高精度な再生画像を得ることは困難である。

【0057】このため、本実施形態では R 信号用平均分散算出部 309、G 信号用平均分散算出部 310、B 信号用平均分散算出部 311 において R、G、B の 3 つの色信号の各々について分散を算出して、最大分散信号選択部 312 において最大の分散を与える色信号を選択し、この最大の分散を与える色信号に基づきカラーエッジモデルを適用するようにしている。以下、最大の分散を与える色信号が R 信号である場合を想定するが、他の色信号の場合でも同様に処理できる。

【0058】信号変形部 313 は、G、B 信号の分散  $\sigma_g$ 、 $\sigma_b$  と平均  $AV_g$ 、 $AV_b$  を、R 信号の分散  $\sigma_r$  と平均  $AV_r$  に一致させるためのゲイン  $\alpha_g$ 、 $\alpha_b$  とバイアス  $\beta_g$ 、 $\beta_b$  を以下の式を用いて算出する。

【0059】

【数 3】

入力される色信号のうち最大の分散を与える色信号に基づいて他の色信号の分散と平均を合わせることで少数の参照候補画像を生成し、ラプラシアンに基づく局在性の評価から参照画像を選択して欠落信号を復元するようにしたので、従来の線形補間では不可能であった高周波成分を回復することができ、これによって高精細な復元画像を得ることができる。またこの場合、分散と平均を合わせるための計算量は少なく、高速に処理を行うことができる。

【0061】なお、本実施形態では二板式 CCD を使用しているが、単板式 CCD、例えばベイヤー型のフィルタ配置を用いた入力部に対してもそのまま適用することができる。また、変形のためのパラメータとして分散と平均を用いているがこれに限定される必要はない。例え

ば、最大値と最小値などを用いても同等の効果を得ることができる。

【0062】図11は本発明の第3実施形態に係る画像信号処理装置の機能ブロック図であり、以下に各機能の接続関係を説明する。

【0063】図11において、入力部501はR信号用バッファ502、G信号用バッファ503、B信号用バッファ504に接続され、各色信号用バッファ502、503、504は領域抽出部505を介してそれぞれR信号用ブロックバッファ506、G信号用ブロックバッファ507、B信号用ブロックバッファ508に接続されている。R信号用ブロックバッファ506はR信号用最大最小算出部509とRGB切換部513とに接続され、G信号用ブロックバッファ507はG信号用最大最小算出部510とRGB切換部513とに接続され、B信号用ブロックバッファ508はB信号用最大最小算出部511とRGB切換部513とに接続されている。

【0064】各信号用最大最小算出部509、510、511は最大レンジ信号選択部512に接続されている。最大レンジ信号選択部512は、処理切換部514および信号変形部517に接続されている。RGB切換部513は処理切換部514に接続されている。処理切換部514は、線形補間部515、欠落画素復元部516、信号変形部517に接続されている。線形補間部515は出力部523に接続されている。信号変形部517は、候補画像生成部518を介して、候補画像用バッファ519に接続されている。候補画像用バッファ519は参照画像選択部520と欠落画素復元部516に接続されており、参照画像選択部520は欠落画素復元部516に接続されている。欠落画素復元部516は、収束判定部521を介して輝度信号生成部522と出力部523に接続されている。輝度信号生成部522は欠落画素復元部516に接続されている。

【0065】また、制御部524は、入力部501、領域抽出部505、R信号用最大最小算出部509、G信号用最大最小算出部510、B信号用最大最小算出部511、最大レンジ信号選択部512、RGB切換部513、処理切換部514、欠落画素復元部516、候補画像生成部518、参照画像選択部520、出力部523に接続されている。

【0066】なお、本実施形態では上記した各機能の一部はハードウェアで構成され、入力部501は単板式CCD(図3参照)により、出力部523は磁気ディスクにより、制御部524はマイクロコンピュータにより構成される。

【0067】図12(a)、(b)は入力部501におけるフィルタ配置の具体的構成を示す図である。カラーエッジモデルによる復元は、全入力信号を用いて参照画像を作成するため、各色信号の頻度は均一でランダムに配置されていることが望ましい。しかしながら、全画素

をランダムに配置すると配置情報を記録する必要が生じ煩雑である。

【0068】このため、第1実施形態で示したように、基本となる矩形領域の構成を反復してフィルタを配置することが考えられる。このとき、基本となる矩形領域に関して、

- ・使用される色信号の総数を $j$ 、 $k$ を2以上の整数としたとき、 $j \times k$ サイズ
- ・矩形領域内の各色信号の出現頻度が均等
- ・水平垂直方向において各色信号の出現頻度が2以上 $j$ 未満の制約を満たすフィルタ配置を用いる。

【0069】図12(a)は、RGB3信号に関して $6 \times 6$ サイズの基本配置の一例を示しているが、図12(b)に示すようにこの同心円状のパターンを用いて疑似的に矩形領域内をランダム化することも考えられる。まず、矩形領域の任意の位置( $d_x$ ,  $d_y$ )、 $0 \leq d_x \leq j$ ,  $0 \leq d_y \leq k$ を中心とする半径 $r$ の円を考え、この円の軌跡が整数座標と交差する時の半径 $r$ を求める。この半径 $r$ を整数化し、色信号の総数を $j$ で除算する。RGB3信号の場合は3で除算することになり、余りは0, 1, 2の3通りとなる。この余りに各色信号を当てはめることで、例えば0ならばR, 1ならばG, 2ならばB信号と仮定することで疑似的なランダムパターンが得られる。

【0070】以下に上記した図11に示す構成の作用を図13のフローチャートを参照して説明する。

【0071】図13において、1フレーム分のRGB3信号が制御部524の制御の基に入力部501を介して読み込まれて、R信号用バッファ502、G信号用バッファ503、B信号用バッファ504に転送される(ステップS41)。次に、領域抽出部505は制御部524の制御に基づき、画像の走査を行なって(ステップS42)、各色信号用バッファ502, 503, 504内の1フレーム分の各色信号から、ある特定画素を中心とする所定サイズの矩形領域、例えば $5 \times 5$ サイズの領域内に存在する信号を抽出して(ステップS43)、それぞれR信号用ブロックバッファ506、G信号用ブロックバッファ507、B信号用ブロックバッファ508に転送する。各ブロックバッファ506, 507, 508内の矩形領域の色信号は順次、RGB切換部513による切換制御に基づいて処理切換部514に転送される。また、これと同時にR信号用最大最小算出部509、G信号用最大最小算出部510、B信号用最大最小算出部511に転送される。制御部524は、各最大最小算出部509, 510, 511及び最大レンジ信号選択部512での処理が完了するまで、処理切換部514の動作を抑制する。各最大最小算出部509, 510, 511にて各信号の最大と最小値が算出され(ステップS44)、最大レンジ信号選択部512へ転送される。最大レンジ信号選択部512では、最大値と最小値間の差分

からレンジを求め、3信号中最大のレンジを有する信号が選択され(ステップS45)、処理切換部514と信号変形部517へ転送される。

【0072】処理切換部514では、制御部524の制御に基づき、最大レンジ信号選択部512での処理結果が転送された後に動作を開始する。ここでは、最大レンジ信号選択部512からの最大のレンジを有する信号のレンジが所定の閾値(例えば信号が0~1023の10bit精度であるときは32などの値)より大きいかなかを判断し(ステップS46)、YESの場合は欠落画素復元部516を選択し、NOの場合は平坦な領域と判断して線形補間部515を選択する。

【0073】線形補間部515が選択された場合は、公知の線形補間により各色信号の欠落画素を復元して出力部523へ出力する(ステップS58、S59)。また、欠落画素復元部516が選択された場合には、制御部524の制御に基づき、信号変形部517の処理に移行する。信号変形部517では、処理切換部514から転送される各色信号に関して、最大レンジを与える信号かなかを判断し(ステップS47)、NOの場合はこの

$$Y=0.299R+0.587G+0.114B \quad (14)$$

(14)式で得られる輝度信号Yは、RGB3信号から合成されるために3信号間のばらつきが抑制されてより局在化された信号となる。輝度信号生成部522はこの輝度信号Yを新たな参照画像として欠落画素復元部516に転送する(ステップS57)。欠落画素復元部516は再度の復元処理を行ってその結果を収束判定部521に転送する。収束判定部521は、2回目以降の処理に関しては前回復元された色信号と今回復元された色信号との差の絶対値の2乗の総和を求め、この総和が所定の閾値以下になるまで上記処理を反復する(ステップS54)。ここで閾値は、使用する矩形領域のサイズにより異なるが、1画素あたりに換算したときに例えば10程度の値を用いる。閾値以下になった場合は処理が収束したものと判断して、復元された色信号を出力部523に転送する(ステップS55)。

【0077】このようにして上記処理を矩形領域が重複しないように各信号用バッファ502、503、504内のすべての画像が走査されて処理されることにより(ステップS56)、1フレーム分の画像に対するすべての欠落が復元される。

【0078】上記したように第3実施形態においては、最大のレンジを与える色信号を決定し、この色信号に最大最小値を合わせることで参照画像を求め、この参照画像から欠落した色信号を復元する。その後、回復された輝度信号から新たな参照画像を求めて再度復元処理をおこない、復元画像が収束するまで反復する。これにより、より局在化された参照画像による復元が行われるため、より高精細な復元画像が得られる。また、色信号のレンジに基づき線形補間との切り換えを行うため、高速

信号のレンジを最大レンジを与える信号のレンジに等しくなるように変形し(ステップS48)、これを候補画像生成部518に順次転送する。なお、最大レンジを与える信号の場合は、変形することなくそのまま候補画像生成部518に転送される。

【0074】候補画像生成部518、候補画像用バッファ519、参照画像選択部520では、上記した第2実施形態と同様の方法によって複数の候補画像を生成し

(ステップS49)、そのエッジ強度に基づいて参照画像を選択して欠落画素復元部516に転送する(ステップS50)。欠落画素復元部516は各色信号に適合するように参照画像を変形することにより欠落した色信号を復元して積算する(ステップS51、S52)。

【0075】収束判定部521は初回の処理であるかなかを判定し(ステップS53)、初回の処理である場合には復元された色信号を無条件に輝度信号生成部522に転送する。輝度信号生成部522は、RGB3信号から以下の式を用いて輝度信号Yを生成する。

【0076】

に処理を行うことができる。

【0079】なお、本実施形態では最大値と最小値間の差分から求められる最大レンジを用いて色信号の選択を行っているがこれに限定される必要はなく、分散やエッジ強度など評価基準を用いることも可能である。また、フィルタ配置に関しても図12に示される配置に限定される必要はなく、ランダム性を満たすものであるならば他の構成でもよい。

【0080】図14は第4実施形態に係る画像入力処理装置の機能ブロック図であり、以下に各機能の接続関係を説明する。

【0081】図14において、入力部601は、R信号用バッファ602、G信号用バッファ603、B信号用バッファ604に接続され、さらに、領域抽出部605を介してそれぞれR信号用ブロックバッファ606、G信号用ブロックバッファ607、B信号用ブロックバッファ608に接続されている。R信号用ブロックバッファ606は分散算出部609とRGB切換部613と信号変形部651に、G信号用ブロックバッファ607は分散算出部610とRGB切換部613と信号変形部651に、B信号用ブロックバッファ608はRGB切換部613に接続されている。分散算出部609、610は最大分散決定部650を介して信号変形部651に接続されている。

【0082】この信号変形部651は参照画像用バッファ611と近似参照画像選択部652を介して欠落画素復元部614に接続されるとともに、参照画像用バッファ611と平滑化処理部612を介して欠落画素復元部614に接続されている。近似参照画像選択部652は

平滑化処理部 612 にも接続されている。RGB 切換部 613 は欠落画素復元部 614 と加算平均部 615 とを介して出力部 616 に接続されている。また、制御部 617 は、入力部 601、領域抽出部 605、分散算出部 609、610、信号変形部 651、近似参照画像選択部 652、RGB 切換部 613、欠落画素復元部 614、加算平均部 615、出力部 616 に接続されている。

【0083】図 15 は上記した信号変形部 651 の具体的構成を示す図であり、R 信号用ブロックバッファ 606 と、G 信号用ブロックバッファ 607 と、最大分散決定部 650 と、制御部 617 からの信号を受ける選択部 651A と、ゲインバイアス算出部 651B と、演算部 651C とが順に接続されている。

【0084】なお、本実施形態では上記した各機能の一部はハードウェアで構成され、入力部 601 は単板式 CCD により、出力部 616 は磁気ディスクにより、制御部 617 はマイクロコンピュータにより構成される。

【0085】図 16 (a) ~ 図 16 (d) は、本実施形態の単板式 CCD におけるフィルタ配置の具体的構成を示す図である。ここでは、図 16 (a) に示すような  $4 \times 2$  のサイズと、図 16 (b) に示すような  $6 \times 3$  のサイズを基本配置とし、このような基本配置を反復して配置することにより CCD 上の全画素を充填するようにしている。図 16 (c) は図 16 (a) の基本配置を反復して配置したものであり、図 16 (d) は図 16 (b) の基本配置を反復して配置したものである。

【0086】図 16 (a) の基本配置では RGB 3 信号の出現頻度は  $3 : 3 : 2$ 、図 16 (b) の基本配置では  $4 : 4 : 1$  となるように設定されている。これらの出現頻度はレンズ系の収差量に応じて変更できる。すなわち、レンズ系の収差量が増加すると高周波成分は劣化するため、対応する色信号の出現頻度を減らしてもよい。色信号の出現頻度は収差量から算出される高周波成分の限界値に従って調整できる。

【0087】以下に上記した図 14 に示す構成の作用を図 17 のフローチャートを参照して説明する。

【0088】以下の説明では入力部 601 で用いられるレンズ系は R、G 信号に対しては収差が微小であり、B 信号に対しては収差が大きいことを想定する。また、レンズ系の収差量は予め測定してあるものとする。1 フレーム分の RGB 3 信号が制御部 617 の制御に基づき入力部 601 を介して読み込まれて、R 信号用バッファ 602、G 信号用バッファ 603、B 信号用バッファ 604 に転送される (ステップ S61)。領域抽出部 605 は制御部 617 の制御に基づき、画像の走査を行って (ステップ S62)、各信号用バッファ 602、603、604 内の 1 フレーム分の各色信号から、ある特定画素を中心とする所定サイズの矩形領域、例えば  $7 \times 7$  サイズの領域内に存在する信号を抽出して (ステップ S

63)、それぞれ R 信号用ブロックバッファ 606、G 信号用ブロックバッファ 607、B 信号用ブロックバッファ 608 に転送する。

【0089】RGB 切換部 613 は制御部 617 の制御に基づき、各ブロックバッファ 606、607、608 内の矩形領域の色信号を順次読み出して、欠落画素復元部 614 に転送する。欠落画素復元部 614 は入力された色信号の色収差量が大いいか否かを判断して (ステップ S64)、大きい場合はステップ S72 に移行する。ここではレンズ系に対する収差が大きい B 信号である場合にステップ S72 に移行する。一方、レンズ系に対する収差が小さい R、G 信号である場合はステップ S65 に移行する。

【0090】ここで処理が制御部 617 を介して分散算出部 609、610 に移行する。すなわち、分散算出部 609、610 は制御部 617 の制御に基づき、それぞれ各ブロックバッファ 606、607 内の各色信号を読み出して各色信号の分散を算出する。次に最大分散決定部 650 は算出された各分散のうち、最大の分散をもつ色信号を決定する (ステップ S65)。

【0091】信号変形部 651 の選択部 651A (図 15) は制御部 617 の制御に基づき、最大分散決定部 650 から色信号が最大分散を有する信号か否かによって各ブロックバッファ 606、607 内の矩形領域の各色信号の一方を選択する (ステップ S66)。各ブロックバッファ 606、607 内の矩形領域の各色信号のうち、最大分散に対応する色信号は変形されることなく参照画像用バッファ 611 へ出力される。最大分散の色信号でないものについてはゲイン・バイアス算出部 651B に出力される。ゲイン・バイアス算出部 651B は入力された色信号についてそのゲイン  $\alpha_i$  とバイアス  $\beta_i$  とを算出して (ステップ S67)、当該色信号とともに演算部 651C へ出力する。演算部 651C は算出されたゲイン  $\alpha_i$  とバイアス  $\beta_i$  とを用いて当該色信号を変形して参照画像バッファ 611 へ出力する (ステップ S68)。最大分散に対応する変形なしの色信号と変形された色信号とが参照画像用バッファ 611 内に積算されることにより複数の近似参照画像が生成される (ステップ S69)。

【0092】生成された複数の近似参照画像は平滑化処理部 612 および近似参照画像選択部 652 へ転送される。近似参照画像選択部 652 は第 1 実施形態と同様にエッジ強度に基づいて近似参照画像を選択し (ステップ S70)、平滑化処理部 612 と欠落画素復元部 614 へ転送する。平滑化処理部 612 は B 信号についてのレンズ系の収差量に応じて近似参照画像を平滑化して平滑化近似参照画像を生成して欠落画素復元部 614 へ転送する (ステップ S71)。

【0093】欠落画素復元部 614 は RGB 切換部 613 を介して読み込んだ R、G、B の色信号のうち、B 信

号を平滑化近似参照画像に基づいて変形する(ステップS72)。そして、この変形された色信号と近似参照画像とを積算して参照画像を得(ステップS73)、この参照画像に基づき欠落する色信号の復元を行なって加算平均部615へ転送する(ステップS74)。

【0094】このようにして上記処理を矩形ブロックが重複しないように各信号用バッファ602、603、604内のすべての画像が走査されて処理されることにより(ステップS75)、1フレーム分の画像に対するすべての欠落が復元される。復元された色信号は加算平均部615に転送される。この加算平均部615には、矩形領域が7×7サイズであるならば、1つの画素に関して49個の復元された色信号が転送されることになる。加算平均部615はこれらの色信号を加算平均して(ステップS76)、出力部616へ出力する。

【0095】図18(a)～図18(o)は、色収差の存在下においてカラーエッジモデルを用いて欠落画素を復元する方法を説明するための図である。以下は、一次元の場合に関して説明する。図18(a)、(b)、

(c)はそれぞれ、RGB3信号における原画像の形状を示す。図18(d)、(e)、(f)はそれぞれ、色収差のあるレンズ系で撮像されたときのRGB3信号の劣化状態を示している。ここでは図に示すようにB信号のみに色収差があることを仮定している。これらの色信号が、図18(g)に示されるフィルタ配置の単板CCDで撮像されたとすると、得られる色信号はそれぞれ、図18(h)、(i)、(j)に示されるものになる。

【0096】ここで、第1実施形態と同様に、図18(h)のR信号及び、図18(i)のG信号のゲインとバイアスをそれぞれ調整すれば、図18(k)、図18(l)に示される基本的なエッジ構造を有する複数の参照画像が得られる。この複数の参照画像の中から最も局在性の優れたもの、すなわち、エッジ強度の小さい参照画像を選択すればよい。ただし、このようにして得られる参照画像はB信号に対応する画素が欠落しており、完全な参照画像とは異なる。したがって、これを近似参照画像と呼ぶ。

【0097】次に、この近似参照画像を色収差の量に対応して平滑化することで、図18(m)に示す平滑化近似参照画像が得られる。この平滑化近似参照画像に基づいてB信号のゲインとバイアスを調整することで図18(j)のB信号の変形を行う(図18(n))。そして、よりエッジ強度の小さい図18(l)の近似参照画像と、図18(n)の変形されたB信号とを合成することで、図18(o)に示すような最終的な参照画像が得られる。以後の復元処理は第1実施形態と同様である。

【0098】上記した第4実施形態においては、まず、色収差の少ない信号を用いて近似的な参照画像を得る。そして、この参照画像を平滑化することで色収差の多い信号との適合を行って完全な参照画像を得、この参照画

像から欠落信号を復元するようにしている。したがって、安価なレンズ系を用いた場合でも高精細な復元画像を生成できる。また、RGB3信号の出現頻度が色収差に応じて調整されているため、効率的な撮像が可能となる。

【0099】なお、本実施形態ではB信号に色収差が存在することを仮定したが、これに限定される必要はなく、任意の信号に対しても同様に処理することができる。

A. 上記した具体的実施形態から以下のような構成の発明が抽出される。

(1) 1つの画素が有する画像信号が複数の色信号から構成され、画素の位置に応じて少なくとも1つ以上の色信号が欠落する画像信号を処理する画像信号処理装置において、上記画像信号から、指定された画素を包含する所定サイズの局所領域の色信号を抽出する抽出手段と、この抽出手段で抽出された局所領域内の各色信号を所定の構造モデルと評価関数に基づいて変形および合成することで参照画像を生成する参照画像生成手段と、この参照画像生成手段で生成された参照画像に基づき、欠落する色信号を復元する復元手段と、を具備することを特徴とする画像信号処理装置。

(2) 上記参照画像生成手段は、上記構造モデルとして複数の色信号が同一のエッジパターンを共有するカラーエッジモデルを用いることを特徴とする構成(1)に記載の画像信号処理装置。

(3) 1つの画素が有する画像信号が複数の色信号から構成され、画素の位置に応じて少なくとも1つ以上の色信号が欠落する画像信号を処理する画像信号処理装置において、上記画像信号から、指定された画素を包含する所定サイズの局所領域の色信号を抽出する抽出手段と、この抽出手段で抽出された局所領域内の各色信号ごとに所定のパラメータを算出し、このパラメータに基づき1つの色信号を選択する色信号選択手段と、この色信号選択手段で選択された色信号以外の色信号に関して、上記パラメータが選択された色信号のパラメータと同一となるように色信号を変形する変形手段と、この変形手段で変形された複数の各色信号と上記色信号選択手段によって選択された色信号とを合成して複数の参照候補画像を生成する候補画像生成手段と、この候補画像生成手段で生成された複数の参照候補画像から、所定の評価関数に基づき1つの参照画像を選択する参照画像選択手段と、上記参照画像選択手段で選択された参照画像に基づき、欠落する色信号を復元する復元手段と、を具備することを特徴とする画像信号処理装置。

(4) 上記色信号選択手段および上記変形手段は、各色信号の平均および分散または最大値および最小値をパラメータとして用いることを特徴とする構成(3)に記載の画像信号処理装置。

(5) - 1

上記参照画像生成手段は、上記評価関数として各色信号に対しラプラシアンを施して得られるエッジ強度、または各色信号の濃度共起行列から算出されるエネルギーまたはエントロピーまたは相関または局所一様性または慣性を用いることを特徴とする構成(1)または(2)に記載の画像信号処理装置。

#### (5)-2

上記参照画像選択手段は、上記評価関数として各色信号に対しラプラシアンを施して得られるエッジ強度、または各色信号の濃度共起行列から算出されるエネルギーまたはエントロピーまたは相関または局所一様性または慣性を用いることを特徴とする構成(3)に記載の画像信号処理装置。

#### (6)-1

前記抽出手段の出力である色信号を所定の評価基準により判断し、構成(3)記載の上記色信号選択手段およびそれ以降の処理手段に処理させるか、あるいは線形補間復元手段に処理させるかを選択する選択手段を備える構成(3)に記載の画像信号処理装置。

#### (6)-2

前記抽出手段の出力である色信号を所定の評価基準により判断し、構成(1)記載の上記参照画像生成手段およびそれ以降の処理手段に処理させるか、あるいは線形補間復元手段に処理させるかを選択する選択手段を備える構成(1)または(2)に記載の画像信号処理装置。

#### (6)-11

前記所定の評価基準による判断は、前記抽出手段の出力である色信号のエッジ強度、分散、あるいは最大最小値のどれかを算出し、その算出値を所定の閾値と比較することで行われる構成(6)-1に記載の画像信号処理装置。

#### (6)-12

前記所定の評価基準による判断は、前記抽出手段の出力である色信号のエッジ強度、分散、あるいは最大最小値のどれかを算出し、その算出値を所定の閾値と比較することで行われる構成(6)-2に記載の画像信号処理装置。

(7) 上記複数の色信号を被写体を撮像することで得る撮像装置を有する入力手段をさらに具備し、前記撮像装置の各画素は一つの色信号に対応する色フィルタを有し、前記色フィルタの空間的配置は $m$ 、 $n$ を3以上の整数とする $m \times n$ サイズの矩形領域の反復で構成され、上記矩形領域内で各色信号の出現頻度が均等になるように設定されていること、を特徴とする構成(1)～(3)に記載の画像入力処理装置。

(8) 上記複数の色信号を被写体を撮像することで得る撮像装置を有する入力手段をさらに具備し、前記撮像装置の各画素は一つの色信号に対応する色フィルタを有し、前記色フィルタの空間的配置は、使用される色信号の総数を $j$ 、また $k$ を2以上の整数としたとき $j \times k \times j$

$k$ サイズの矩形領域の反復で構成され、上記矩形領域内の各色信号の出現頻度が均等であつ水平垂直方向において各色信号の出現頻度が2以上 $j$ 未満となるように設定されていること、を特徴とする構成(1)～(3)に記載の画像入力処理装置。

(9) 上記複数の色信号を被写体を撮像することで得る撮像装置を有する入力手段をさらに具備し、前記撮像装置の各画素は一つの色信号に対応する色フィルタを有し、前記色フィルタの空間的配置は、使用される色信号の総数を $j$ 、また $k$ を2以上の整数としたとき $j \times k \times j$ サイズの矩形領域の反復で構成され、上記矩形領域内の各色信号の出現頻度が均等であつその配置が矩形領域内の一点を中心とする同心円の軌跡が整数座標と交わる時の半径を $j$ で除算したときの剰余に基づき設定されていること、を特徴とする構成(1)～(3)に記載の画像入力処理装置。

(10) 上記復元手段は、上記参照画像に基づき復元された各色信号から輝度信号を生成する輝度信号生成手段と、上記輝度信号の分布に基づき上記輝度信号を用いた復元処理を反復させる収束判断手段と、を含むことを特徴とする構成(1)～(3)に記載の画像信号処理装置。

(11) 1つの画素が有する画像信号が複数の色信号から構成され、画素の位置に応じて少なくとも1つ以上の色信号が欠落する画像信号を入力処理する画像入力処理装置において、色収差を生じる光学レンズ系と、この色収差量に基づき色信号の出現頻度が調整された撮像装置とからなる入力手段と、この入力手段から得られた画像信号から、指定された画素を包含する所定サイズの局所領域の色信号を抽出する抽出手段と、この抽出手段で抽出された局所領域内の各色信号中で、色収差量の少ない色信号を所定の構造モデルと評価関数に基づき変形および合成することで近似参照画像を生成する近似参照画像生成手段と、この近似参照画像生成手段で生成された近似参照画像を色収差量の多い色信号の色収差量に基づき平滑化する平滑化手段と、上記近似参照画像生成手段で生成された近似参照画像と上記平滑化手段で平滑化された近似参照画像とに基づき参照画像を生成し、欠落する色信号を復元する復元手段と、を具備することを特徴とする画像入力装置。

(12) 上記近似参照画像生成手段は、上記構造モデルとして複数の色信号が同一のエッジパターンを共有するカラーエッジモデルを用いることを特徴とする構成(11)に記載の画像入力処理装置。

(13) 上記近似参照画像生成手段は、上記評価関数として各色信号に対しラプラシアンを施して得られるエッジ強度、または各色信号の濃度共起行列から算出されるエネルギーまたはエントロピーまたは相関または局所一様性または慣性を用いることを特徴とする構成(11)に記載の画像入力処理装置。

B. 上記した構成(1)～(13)についての「発明が解決しようとする課題」は以下の通りである。

構成(1)、(2)、(5)－1、2

従来技術は、輝度信号を線形補間で、色差信号を線形補間または輝度信号に基づき補っており、欠落する色信号を高精度に復元するという点について対応することができない。本発明はこの点に着目し、画像の構造モデルに基づき欠落する色信号を高精度に復元することができる画像信号処理装置を提供することを目的とする。

構成(3)、(4)、(5)－1、2、(6)－1、2、11、12

従来技術は、輝度信号を線形補間で、色差信号を線形補間または輝度信号に基づき補っており、欠落する色信号を高精度に復元するという点について対応することができない。本発明はこの点に着目し、画像の構造モデルに基づき欠落する色信号を高精度かつ高速に復元することができる画像信号処理装置を提供することを目的とする。

構成(7)、(8)、(9)

従来技術は、色差信号を輝度信号に基づき補っており、予め輝度信号に相当するフィルタ数を色差信号に対応するフィルタ数より多くする必要があり、均等な比率のフィルタ配置には対応することができない。本発明はこの点に着目し、各色信号の比率が均等な場合において欠落する色信号を高精度に復元することができる画像信号処理装置を提供することを目的とする。

構成(10)

従来技術は、輝度信号を線形補間で、また色差信号を線形補間または輝度信号に基づき補っており、欠落する色信号を高精度に復元するという点について対応することができない。本発明はこの点に着目し、画像の構造モデルを反復的に使用することに基づき欠落する色信号を高精度に復元することができる画像信号処理装置を提供することを目的とする。

構成(11)、(12)、(13)

従来技術は、輝度信号を線形補間で、また色差信号を線形補間または輝度信号に基づき補っており、特定の信号が劣化するような色収差の生じる安価な光学レンズ系に対応することができない。本発明はこの点に着目し、画像の構造モデルを色収差に基づき平滑化する事で安価な光学レンズ系を使用して得られた信号に関しても欠落する色信号を高精度に復元することができる画像入力処理装置を提供することを目的とする。

C. 上記した構成(1)～(13)についての「対応する発明の実施の形態」、「作用」、「効果」は以下の通りである。

構成(1)、(2)、(5)－1、2、(6)－1、2、11、12、(7)

「対応する発明の実施の形態」この発明には、少なくとも上記した第1実施形態が対応する。構成中の入力手段

は図3のCCD203を含み、このCCD203における色フィルタの空間的配置は $m$ 、 $n$ を3以上の整数とする $m \times n$ サイズの矩形領域の反復で構成され、上記矩形領域内で各色信号の出現頻度が均等になるように設定されている。構成中の抽出手段は、図1に示される領域抽出部105を含む。構成中の参照画像生成手段は、図1の分散算出部109、110、111、最大分散決定部150、信号変形部151、参照画像用バッファ112を含む。構造モデルとしては、例えば複数の色信号が同一のエッジパターンを共有するカラーエッジモデルを用いる。また、評価関数としては例えば、各色信号に対してラプラシアンを施して得られるエッジ強度、または各色信号の濃度共起行列から算出されるエネルギーまたはエントロピーまたは相関または局所一様性または慣性を用いる。構成中の復元手段は、選択手段である図1のエッジ強度算出部114および線形補間部115、欠落画素復元部116を含む。エッジ強度算出部114は例えば、エッジ強度または分散または最小最大値などの評価基準に基づき線形補間部115と欠落画素復元部116とを切り換える。

【0100】この発明の好ましい適用例は以下の通りである。図1、図3、図4に示す入力部101からの画像信号をR信号用バッファ102、G信号用バッファ103、B信号用バッファ104にて保存し、領域抽出部105にて所定サイズの領域の色信号を抽出してR信号用ブロックバッファ106、G信号用ブロックバッファ107、B信号用ブロックバッファ108に転送する。エッジ強度算出部114は、R信号用ブロックバッファ106、G信号用ブロックバッファ107、B信号用ブロックバッファ108中の全色信号のエッジ強度に基づき、線形補間部115か、または欠落画素復元部116を選択する。線形補間部115が選択された場合は公知の線形補間により欠落画素を復元して出力部117へ転送する。欠落画素復元部116が選択された場合には、信号変形部151は、最大分散決定部150からの最大分散に関する情報に基づいて、図6に示すカラーエッジモデルを用いて各色信号を変形する。これらの色信号は参照画像用バッファ112に積算されることで参照画像が生成される。欠落画素復元部116は図7に示すように参照画像に基づいて欠落画素を復元して出力部117へ転送する。

「作用」各色信号のエッジ強度に基づき通常の線形補間による復元と構造モデルによる復元とを切り換え、構造モデルによる復元が選択された場合にはカラーエッジモデルから参照画像を生成し、この参照画像から欠落画素の情報を復元する。

「効果」構造モデルによる復元は、 $5 \times 5 \sim 15 \times 15$ 程度の広い領域の全信号を用いて参照画像を生成するため、三板式の撮像装置を用いて撮像した場合の精度と同等の精度で欠落画素を復元することが可能となる。ま



た、エッジ強度を算出して平坦部分については通常の線形補間を行うようにすることで、処理の高速化も可能となる。

構成(3)、(4)、(5)-1、2

「対応する発明の実施の形態」この発明は、少なくとも上記した第2実施形態に対応する。構成中の抽出手段は、図8に示される領域抽出部305を含む。構成中の信号選択手段は、図8のR信号用平均分散算出部309、G信号用平均分散算出部310、B信号用平均分散算出部311、最大分散信号選択部312を含む。構成中の変形手段は、図8の信号変形部313を含む。抽出手段および変形手段では、各色信号の平均および分散に基づき抽出と変形を行うが、最大および最小値に基づき抽出、変形を行うことも可能である。構成中の候補画像生成手段は、図8の候補画像生成部314を含む。構成中の参照画像選択手段は、図8の参照画像選択部316を含む。評価関数としては例えば、各色信号に対してラプラシアンを施すことにより得られるエッジ強度、または各色信号の濃度共起行列から算出されるエネルギーまたはエントロピーまたは相関または局所一様性または慣性を用いる。構成中の復元手段は、図8の欠落画素復元部318を含む。

【0101】この発明の好ましい適用例は以下の通りである。図8、図9に示す入力部301からの画像信号をR信号用バッファ302、G信号用バッファ303、B信号用バッファ304にて保存し、領域抽出部305にて所定サイズの領域の色信号を抽出してR信号用ブロックバッファ306、G信号用ブロックバッファ307、B信号用ブロックバッファ308へ転送する。R信号用平均分散算出部309、G信号用平均分散算出部310、B信号用平均分散算出部311は各信号用ブロックバッファ306、307、308内の各色信号を読み出してその平均と分散とを算出する。最大分散信号選択部312は最大の分散を与える色信号を選択し、信号変形部313はこの最大の分散を与える色信号の平均と分散に一致するようにこのほかの色信号を変形する。候補画像生成部314は最大の分散を与える色信号と変形された色信号とを組み合わせることで複数の候補画像を生成する。参照画像選択部316はこの複数の候補画像からエッジ強度に基づき1つの参照画像を選択し、欠落画素復元部318は選択された参照画像に基づき欠落画素を復元して出力部319へ転送する。

「作用」入力される各色信号から最大分散を与える信号を選択して、この色信号に合わせて他の色信号を変形した後、これらの色信号を組み合わせることで参照画像の候補を複数生成する。これらの候補からエッジ強度に基づき参照画像を選択し、この参照画像から欠落画素の情報を復元する。

「効果」最大分散を与える信号に他の色信号を合わせることとエッジ強度に基づき選択することによって計算量

を少なくできるため、高速に参照画像を生成することができる。この参照画像は、 $5 \times 5 \sim 15 \times 15$ 程度の広い領域の全信号を用いて生成されるため、三板式に匹敵する精度で欠落画素を復元することが可能となる。

構成(3)、(4)、(5)-1、2、(6)-1、2、11、12、(8)、(9)、(10)

「対応する発明の実施の形態」この発明は、少なくとも上記した第3実施形態に対応する。構成中の入力手段はCCDを含み、このCCDにおける色フィルタの空間的配置は例えば、使用される色信号の総数を $j$ 、かつ $k$ を2以上の整数としたときに、 $j \times k$ サイズの矩形領域の反復で構成され、上記矩形領域内の各色信号の出現頻度が均等でかつ水平垂直方向において各色信号の出現頻度が2以上 $j$ 未満となるように設定される。または、使用される色信号の総数を $j$ 、かつ $k$ を2以上の整数としたときに $j \times k$ サイズの矩形領域の反復で構成され、上記矩形領域内の各色信号の出現頻度が均等でかつその配置が矩形領域内の一点を中心とする同心円の軌跡が整数座標と交わるときの半径を $j$ で除算したときの剰余に基づいて設定される。構成中の抽出手段は、図11に示される領域抽出部505を含む。構成中の信号選択手段は、図11のR信号用最大最小算出部509、G信号用最大最小算出部510、B信号用最大最小算出部511、最大レンジ信号選択部512を含む。構成中の変形手段は、図11の信号変形部517を含む。抽出手段および変形手段は、各色信号の最大値および最小値に基づき抽出と変形を行うが、平均および分散に基づき抽出、変形を行うことも可能である。構成中の候補画像生成手段は、図11の候補画像生成部518を含む。構成中の参照画像選択手段は、図11の参照画像選択部520を含む。評価関数としては例えば、各色信号に対してラプラシアンを施すことにより得られるエッジ強度または各色信号の濃度共起行列から算出されるエネルギーまたはエントロピーまたは相関または局所一様性または慣性を用いる。構成中の復元手段は、選択手段である図11の処理切替部514及び、線形補間部515、欠落画素復元部516、収束判定部521、輝度信号生成部522を含む。処理切替部514は例えば、エッジ強度または分散または最小最大値などの評価基準に基づき線形補間部515と欠落画素復元部516とを切り換える。輝度信号生成部522は参照画像に基づき復元された各色信号から輝度信号を生成し、収束判定部521は上記輝度信号の分布に基づき上記輝度信号を用いた復元処理を反復させる。

【0102】この発明の好ましい適用例は以下の通りである。図11に示す入力部501からの画像信号をR信号用バッファ502、G信号用バッファ503、B信号用バッファ504にて保存する。領域抽出部505は所定サイズの領域の色信号を抽出してR信号用ブロックバッファ506、G信号用ブロックバッファ507、B信



号用ブロックバッファ508を介してR信号用最大最小算出部509、G信号用最大最小算出部510、B信号用最大最小算出部511に出力する。ここで各色信号の最大と最小値が算出され、最大レンジ信号選択部512にて最大のレンジ(=最大値-最小値)を与える色信号が選択され、処理切換部514に転送される。処理切換部514にて最大レンジに基づき、線形補間部515または欠落画素復元部516が選択され、線形補間部515が選択された場合は公知の線形補間により欠落画素が復元され出力部523へ転送される。欠落画素復元部516が選択された場合は、信号変形部517にて最大のレンジを与える色信号の最大と最小値に一致するようにこの他の色信号を変形し、候補画像生成部518にて最大のレンジを与える色信号と変形された色信号を組み合わせることによって複数の候補画像を生成し、参照画像選択部520にて複数の候補画像からエッジ強度に基づき1つの参照画像を選択する。欠落画素復元部516はこの参照画像に基づき欠落画素を復元して収束判定部521に転送する。収束判定部521は初回の処理の場合には無条件に、2回目以降は前回復元された画像との差の絶対値の2乗の総和が所定の閾値以下になるまで復元された色信号を輝度信号生成部522へ転送する。輝度信号生成部522は復元された色信号から輝度信号を合成し、欠落画素復元部516は上記輝度信号に基づき再度復元処理を行なう。そして、収束判定部521において前回の復元された画像との差の絶対値の2乗の総和が所定の閾値以下になった場合に復元された画像を出力部523へ転送する。

(作用) 入力される各色信号から最大レンジを与える信号を選択して、この色信号に合わせて他の色信号を変形した後、これらの色信号を組み合わせることで参照画像の候補を複数生成する。これら複数の候補からエッジ強度に基づき参照画像を選択し、この参照画像から欠落画素の情報を復元する。さらに、復元された画像から輝度信号を生成し、これを用いて再度復元処理を行い、前回復元された画像に対して変化が所定の閾値以下になるまで反復する。

(効果) 最大レンジを与える信号に他の色信号を合わせることとエッジ強度に基づき選択することによって計算量を少なくできるため、高速に参照画像を生成することができる。この参照画像は、 $5 \times 5 \sim 15 \times 15$ 程度の広い領域の全信号を用いて生成されるため、三板式に匹敵する精度で欠落画素を復元することが可能となる。さらに、輝度信号を用いて反復的に復元処理を行うため、より高精度な欠落画素の復元が可能となる。

構成(11)、(12)、(13)

「対応する発明の実施の形態」この発明は、少なくとも上記した第4実施形態に対応する。構成中の入力手段は、図14の入力部601を含む。構成中の抽出手段は、図14に示される領域抽出部605を含む。構成中

の近似参照画像生成手段は、図14の分散算出部609、610、最大分散決定部650、信号変形部651、参照画像用バッファ611を含む。構造モデルとしては例えば、複数の色信号が同一のエッジパターンを共有するカラーエッジモデルを用いる。また、評価関数としては例えば、各色信号に対してラプラシアンを施すことにより得られるエッジ強度、または各色信号の濃度共起行列から算出されるエネルギーまたはエントロピーまたは相関または局所一様性または慣性を用いる。構成中の平滑化手段は、図14の平滑化処理部612を含む。構成中の復元手段は、図14の欠落画素復元部614、加算平均部615を含む。

【0103】この発明の好ましい適用例は以下の通りである。図14および図16に示す入力部601からの画像信号をR信号用バッファ602、G信号用バッファ603、B信号用バッファ604にて保存する。領域抽出部605は所定サイズの領域の色信号を抽出してR信号用ブロックバッファ606、G信号用ブロックバッファ607、B信号用ブロックバッファ608へ転送する。分散算出部609、分散算出部610は各々R、Gの色信号の分散を算出し、最大分散決定部650で最大の分散をもつ色信号を決定する。信号変形部651は最大の分散に対応する色信号以外の色信号を、最大の分散を持つ色信号のゲインとバイアスに基づいて変形する。これらの色信号が参照画像用バッファ611において積算されることで近似参照画像が生成される。平滑化処理部612はこの近似参照画像を色収差量に基づいて平滑化する。欠落画素復元部614は近似参照画像と平滑化された近似参照画像とに基づき参照画像を生成し、この参照画像に基づき欠落画素を復元する。加算平均部615は各領域ごとに復元された色信号を加算平均して出力部616へ転送する。

(作用) 色収差量に応じて色信号の出現頻度が調整された撮像装置から得られた入力信号の中から色収差量の少ない色信号を選択して構造モデルを適用して近似参照画像を生成し、一方、この近似参照画像を色収差量の多い色信号の色収差量に応じて平滑化し、平滑化された近傍参照画像に基づいて色収差量の多い色信号を変形し、上記近似参照画像と変形された色収差量の多い画像とを合成することで参照画像を求め、この参照画像から欠落画素の情報を復元する。

(効果) 色収差量の少ない色信号にはまず、構造モデルを直接適用し、色収差量の多い色信号には平滑化することで構造モデルを適用する。このため最終的にはすべての色信号を用いて参照画像が生成されることになり、高精度な欠落色の復元が可能になる。また、色収差のある安価なレンズ系を用いても欠落色を復元できるので装置全体のコストを低減することができる。

【0104】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、欠落す

る色信号を高精度に復元することができるようになる。

【0105】また、請求項2に記載の発明によれば、安価な光学レンズ系を使用した場合でも欠落する色信号を高精度に復元することができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る画像信号処理装置の機能ブロック図である。

【図2】図1に示す信号変形部の具体的構成を示す図である。

【図3】図1に示す入力部の具体的構成を示す図である。

【図4】図3に示すCCDにおけるフィルタ配置の具体的構成を示す図である。

【図5】図1に示す構成の作用を説明するためのフローチャートである。

【図6】参照画像を生成する方法を説明するための図である。

【図7】カラーエッジモデルに基づいて欠落画素が復元される過程を示す図である。

【図8】本発明の第2実施形態に係る画像信号処理装置の機能ブロック図である。

【図9】図8に示す入力部の具体的構成の一例を示す図である。

【図10】図8に示す構成の作用を説明するためのフローチャートである。

【図11】本発明の第3実施形態に係る画像信号処理装置の機能ブロック図である。

【図12】図11に示す入力部におけるフィルタ配置の説明図である。

【図13】図11に示す構成の作用を説明するためのフローチャートである。

【図14】本発明の第4実施形態に係る画像信号処理装置の機能ブロック図である。

【図15】図14に示す信号変形部の具体的構成を示す図である。

【図16】第4実施形態の単板式CCDにおけるフィルタ配置の具体的構成を示す図である。

【図17】図14に示す構成の作用を説明するためのフローチャートである。

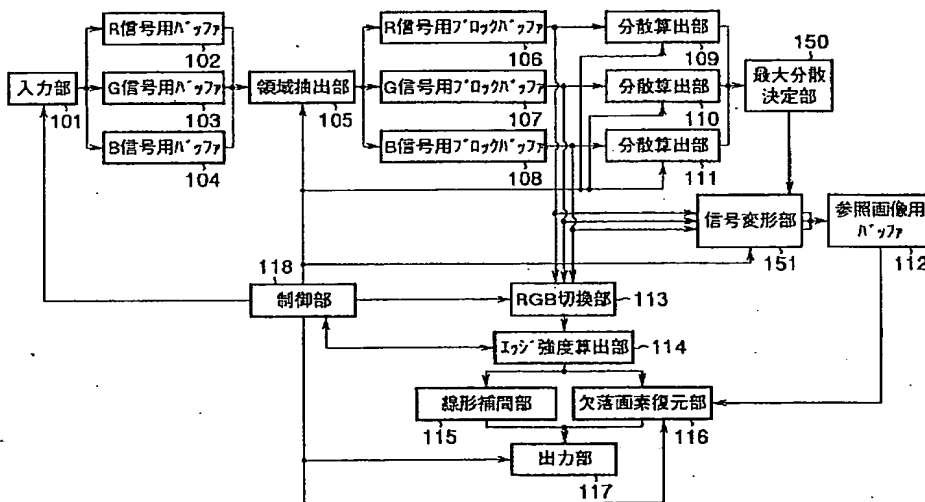
【図18】色収差の存在下においてカラーエッジモデルを用いて欠落画素を復元する方法を説明するための図である。

【図19】単板式撮像素子のフィルタ配置の一例の説明図である。

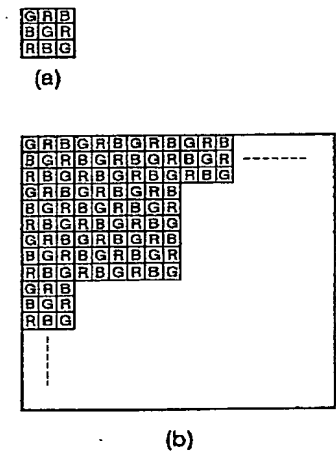
【符号の説明】

101…入力部、102…R信号用バッファ、103…G信号用バッファ、104…B信号用バッファ、105…領域抽出部、106…R信号用ブロックバッファ、107…G信号用ブロックバッファ、108…B信号用ブロックバッファ、109、110、111…分散算出部、112…参照画像用バッファ、113…RGB切換部、114…エッジ強度算出部、115…線形補間部、116…欠落画素復元部、117…出力部、150…最大分散決定部、151…信号変形部。

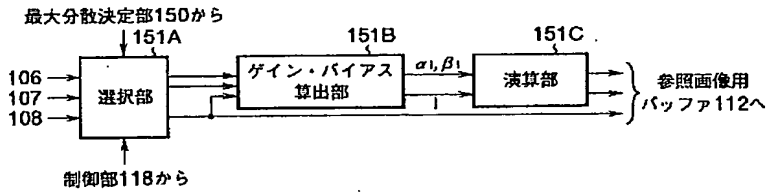
【図1】



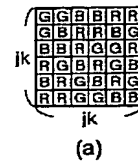
【図4】



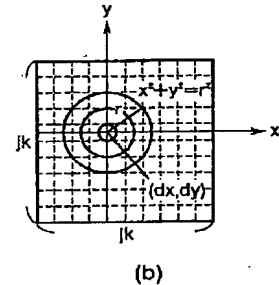
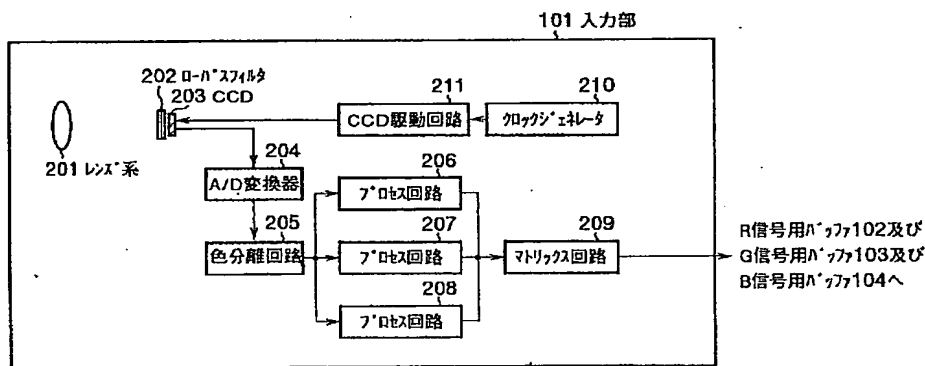
【図 2】



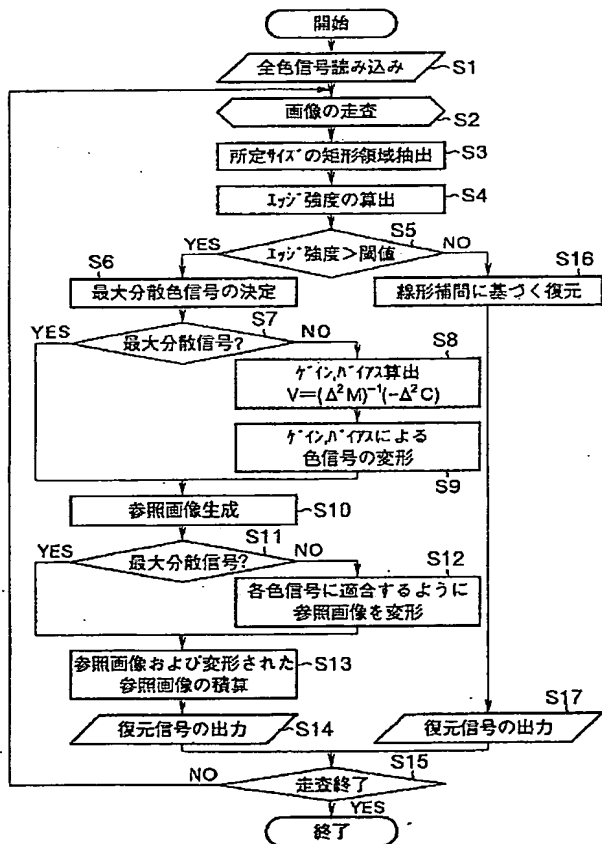
【図 12】



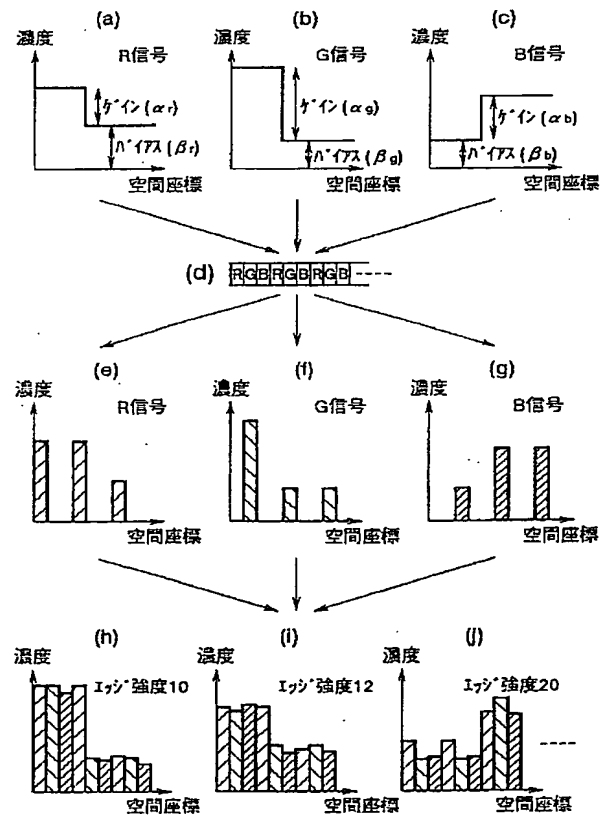
【図 3】



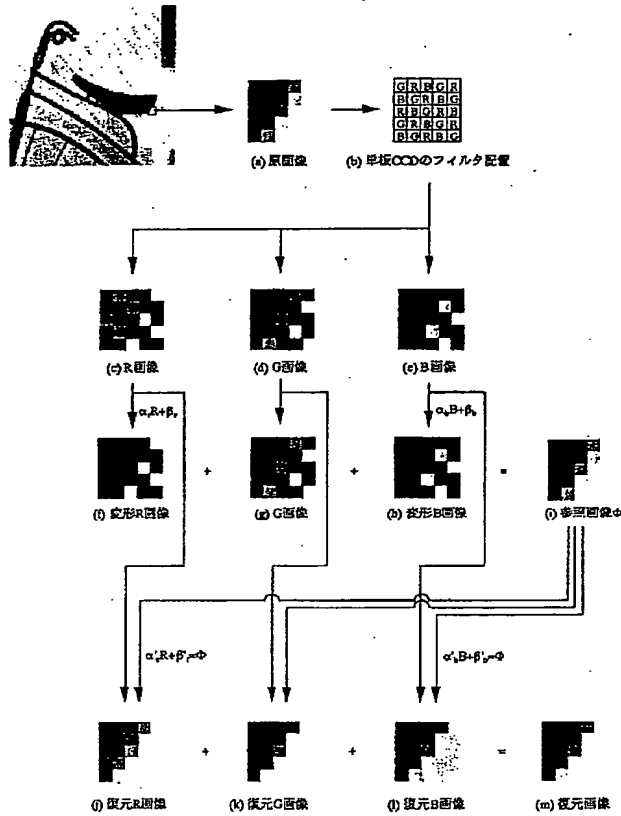
【図 5】



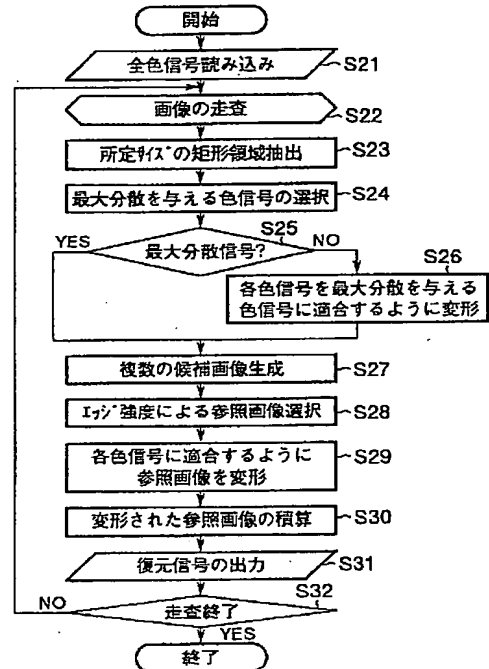
【図 6】



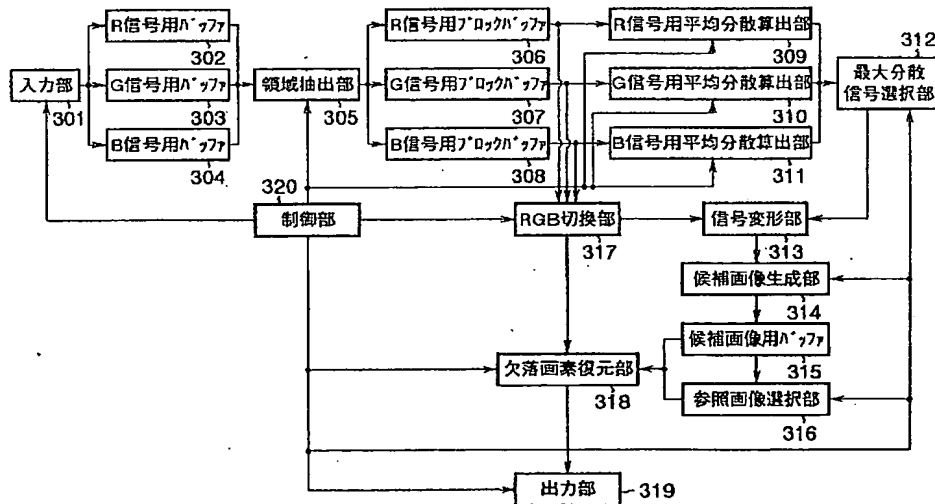
【図7】



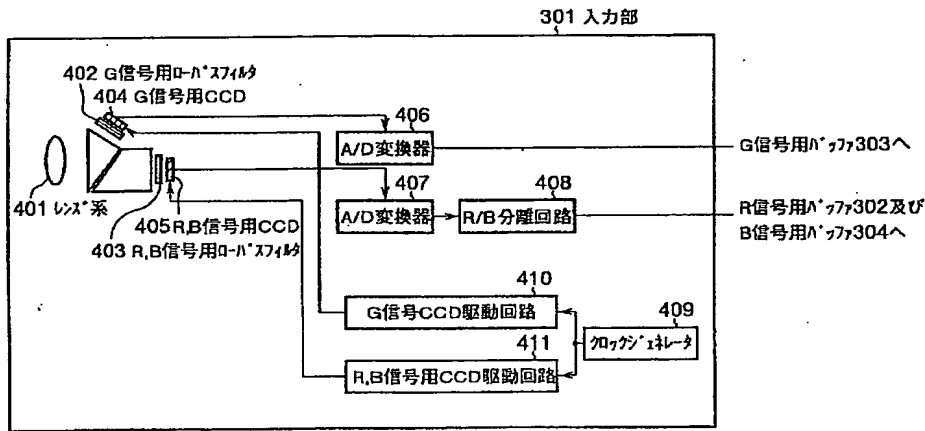
【図10】



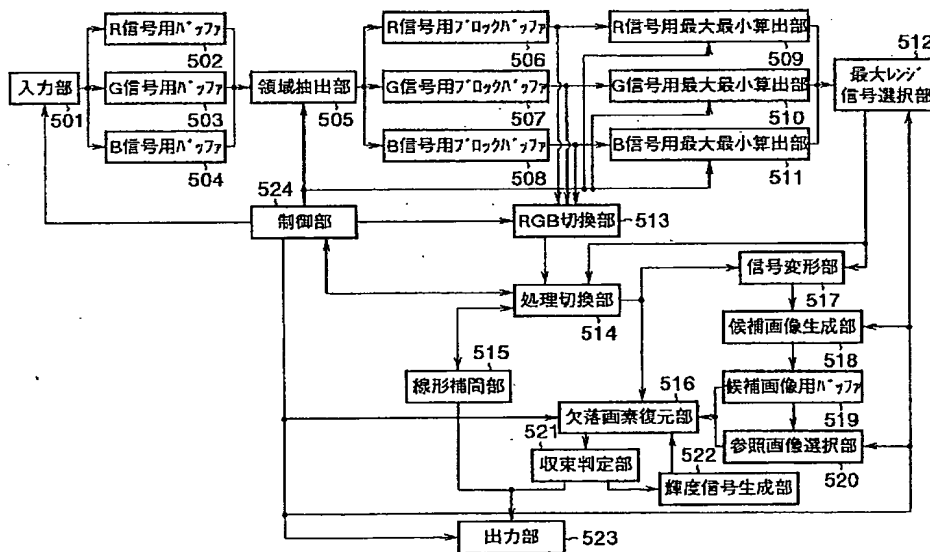
【図8】



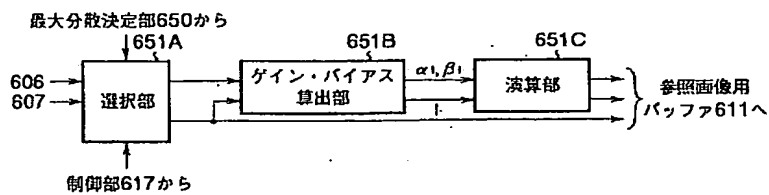
【図9】



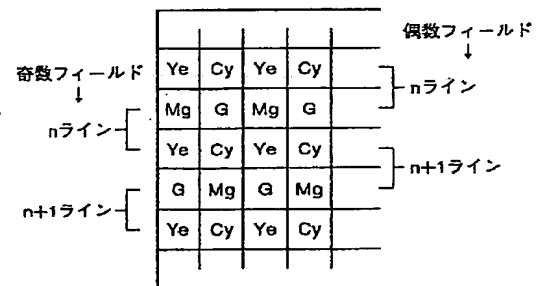
【図11】



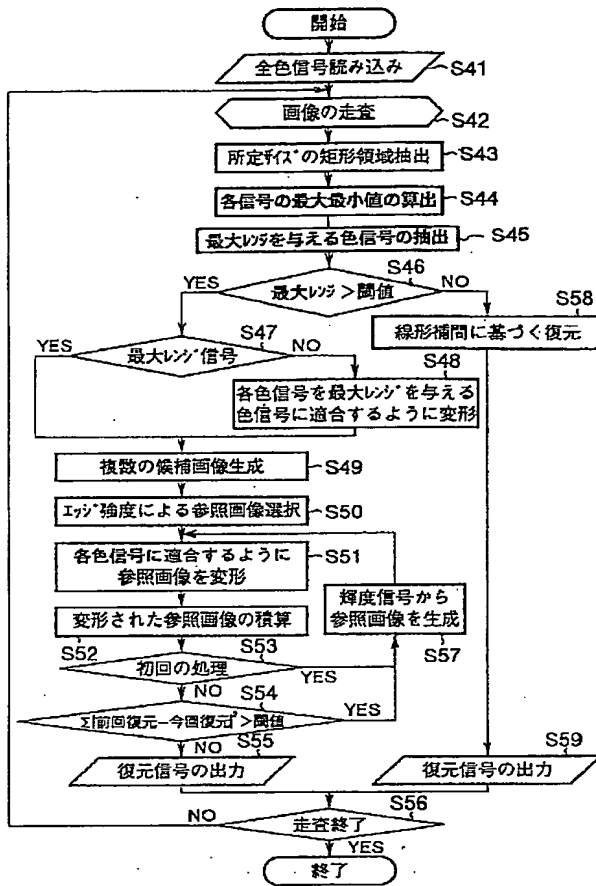
【図15】



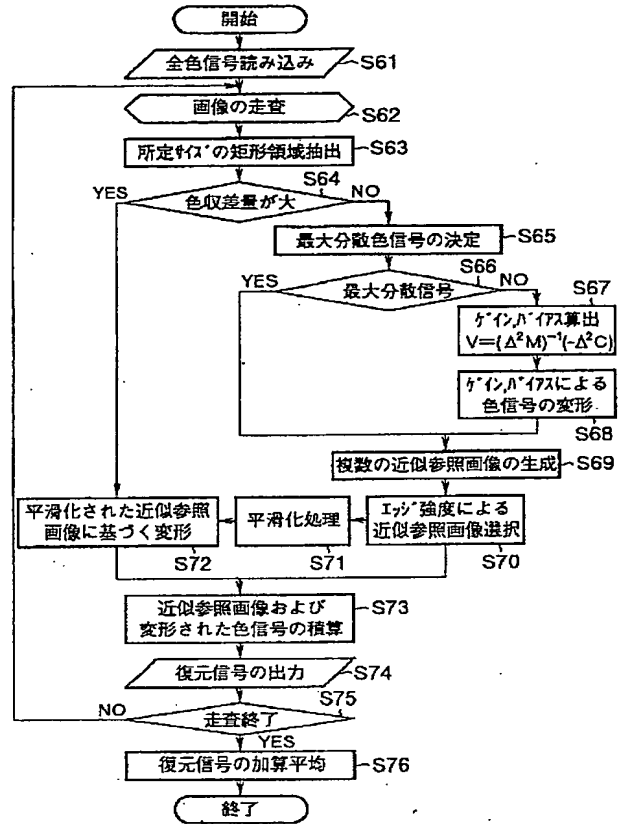
【図19】



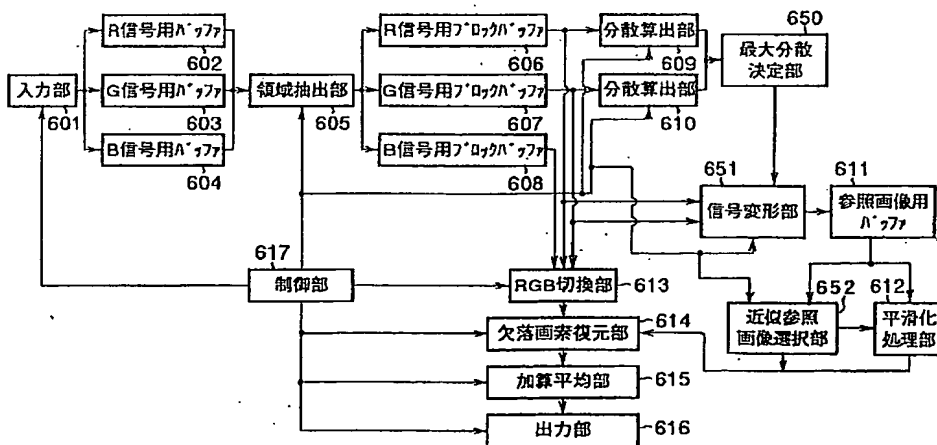
【図 13】



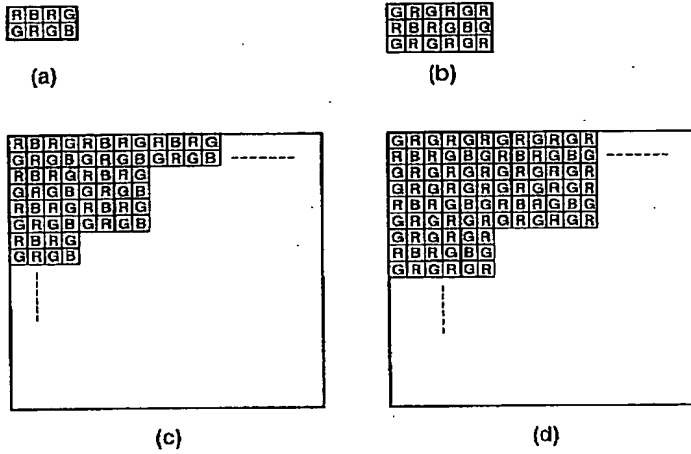
【図 17】



【図 14】



【図16】



【図18】

